JAXA's
005［ジャクサス］
宇宙航空研究開発機構機関誌

005 宇宙航空研究開発機構機関誌

contents

表紙 川口淳一郎「はやぶさ」プロジェクトマネージャー
Photo:Jiro Fukasawa

INTRODUCTION

昨年の暮れ、日本中をドキドキハラハラさせた「はやぶさ」——その主役である川口淳一郎プロジェクトマネージャーに登場してもらいました。表紙の写真で、手のひらが大きく見えて意志の強そうな彼の一端が窺われますね。大学時代には体操部に所属し、器械体操をやっていたそうですよ。「はやぶさ」のイトカワ遭遇劇の裏話が胸を打ちます。

さあ、いろいろと貴重なデータを取得した「はやぶさ」の、次の主役はサイエンスです。科学主任の藤原顕教授には、これまでに明らかにされた成果の一端を語ってもらいました。まだまだこれからです。とりあえずグラビアと一緒にお楽しみください。

今年の前半の主役の１つは、大地の表情を見つめるALOS衛星です。このJAXA'sの編集原稿が衛星の打ち上げ・命名に間に合わなかったのは残念ですが、陸域観測の世界の拠点として大いに活躍してくれるでしょう。私たちもALOSチームと同じ目で母なる大地を見つめていきましょう。

次の世代の基幹ロケットとなるH-IIBロケットの入り口にも入ってみました。JAXAがみんなで世界を担う輸送手段に仕上げていかなければなりません。また遥かストラスブールの国際宇宙大学で若者たちのために奮闘する向井千秋さんに聞きました。そのバイタリティと大きな志に学ぶものは多いですね。

今年も多くの打ち上げがあります。昨年、野口ミッションと「はやぶさ」で盛り上がった勢いを、Explorationの旗印のもと、さらに高める1年にしたいものです。

2003年5月9日に打ち上げられ、2005年9月12日に小惑星イトカワに到着した「はやぶさ」は、イオンエンジンによる推進、イトカワの科学観測、さらにはイトカワへの2度のタッチダウンなど、多くの成果をあげている。先進的な技術をもりこんだ「はやぶさ」について、プロジェクトマネージャーの川口淳一郎教授に話をうかがった。

対談

「はやぶさ」プロジェクトマネージャー
JAXA宇宙科学研究本部
宇宙航行システム研究系　教授・工学博士

科学ジャーナリスト・「JAXA's」編集委員

川口淳一郎×寺門和夫

小惑星探査機「はやぶさ」ミッションで得られた大きな成果

「はやぶさ」の5つの目的

寺門 まず最初に「はやぶさ」がどのような探査機であるかについてご説明いただきたいと思います。

川口 「はやぶさ」は将来の本格的なサンプル・リターンというミッションを達成する為に必要な技術を開発して、それが実際に使えることを実証するというのが目的の実験衛星です。主な目的が5つほどあります。第1はイオンエンジンを使って惑星間を進むということ。第2は自律性。特に光学的な情報を元にした自律的な誘導と航法と呼んでいますけれども、自分でどこにいるかを知って、自分で近づいていくということです。第3は試料の採集ですね。非常に微小な重力のところで試料を採り出すために開発した採集機を使ってみることです。第4はイオンエンジンを使った飛行に、地球の重力も一緒に併用するという方法を使うことです。最後が、地球への再突入カプセル。試料を積んだカプセルを地球に落とします。そういうことを試験して技術を実証するというのが主な目的です。

寺門 それでは、ひとつひとつもう少しお話しいただければと思います。まず、イオンエンジンですが、ごく簡単にその推進の仕組みについて、ご説明ください。

川口 ロケットというのは、ある重さのものを外に放り出すということによって、その反作用で力を得ているのです。燃料を燃焼させてできた高速で運動するガスを使って推進するのがロケットです。もっと速い速度で物を放りだそうとすると、ある種の加速器を使わなければなりません。その1つの方法がイオンエンジンです。「はやぶさ」のイオンエンジンは、小さなエンジンが4つありますが、その3つを同時に運転しても、一円玉2枚ぐらいの重さのものに働く重力程度しか力がでません。ですから地上からの打ち上げには力が弱くて使えませんが、惑星間を飛んでいる場合には、ずっと噴射し続けていれば最終的には大きな加速が得られます。

画期的な「はやぶさ」のイオンエンジン

寺門 「はやぶさ」のイオンエンジンには、どのような新しさがあるのでしょうか。

川口 「はやぶさ」のイオンエンジンは、かなり先進的なイオンエンジンです。イオンエンジンの極板には非常に高速でイオンがぶつかってきます。従来のイオンエンジンでは、モリブデンという金属が使われているわけですけれども、これがだんだん減ってきて、余りもたないのです。「はやぶさ」で使われているのは、CC

川口淳一郎「はやぶさ」語録

深宇宙探査プロジェクトの現場は、約3億km離れたイトカワというよりは、むしろ地上かもしれない。管制室の小さな窓からしか、はやぶさの様子をうかがい知ることはできないからだ。そしてそれが社会に向けて伝えられるのはプレスルームから……。記者会見の場で語られた川口プロジェクトマネージャーの言葉には、単なる速度や距離や姿勢だけではない、情熱や意地や矜持が込められていた。はやぶさの活躍とともに記されるべき「川口語録」を、順不同でお届けする。（構成・喜多充成）

いわば「勲章」だと思っています。

離脱時の化学スラスタの異常について、「真空・無重力の単調な宇宙空間を飛んでいれば起き得なかったこと。違う天体に着陸した証拠」と前置きしつつ。（11月26日、第2回タッチダウン後の記者会見）

強制的に下向きの加速度を与えてでも、着地させたい。

材という複合材になっています。これで寿命がすごく長くなっています。もう1つは、プラズマを作る方法です。旧来の方式では放電を使っていますが、放電を使うと電極が磨耗して、これも寿命に関係してきます。「はやぶさ」では電子レンジと同じマイクロ波を使ってプラズマを作るという方法を取っています。この方法ですと従来に比べて3倍ぐらい寿命を長くすることができます。ということで、我々のイオンエンジンには減るものがないんですね。画期的なイオンエンジンだと思っています。

寺門　そうですか。そうすると実証すべき1つの目的であるイオンエンジンについては、非常にうまくいったと考えてよろしいですか。

川口　そうですね。非常にうまくできました。

寺門　次に自律性という話がありました。これについてはいかがでしょうか。

川口　地球からイトカワ周辺までの距離というのは、およそ3億キロメートルあります。「はやぶさ」から情報を受け取って指令を送って、それが届くまで約40分かかるんです。ですから時間をかけてもよい部分は、当然地球から指示を送って飛行させるのですが、イトカワに着陸をさせようという場合に、最後の1時間ぐらいのところは、否が応でも自律機能を使わざるをえません。これもうまくいっております。

寺門　1つの例でいえば、「はやぶさ」自体が画像を撮影して、その画像を元にして自分で判断して接近するということをやっていますね。

川口　着陸で一番難しいのは、高度を制御することではないんです。高度は計れるわけですから、問題はないんです。難しいのは水平方向の速度です。水平方向の速度というのはセンサーで測ることができないんです。「はやぶさ」ではどうしているかというと、イトカワの表面にまずターゲットマーカーを置いて、その標的に向って探査機を飛ばすのです。標的があるので、標的との相対的な水平方向の速度もわかるわけですね。このへんは我々の本当にオリジナルな考えなんです。

ターゲットマーカーの場所を調べる為にはテレビカメラを使います。探査機からフラッシュランプを2秒ごとに点滅させます。ターゲットマーカーには光が出したところに光が戻ってくる性質の特殊な布が貼ってあります。ですからフラッシュランプで光を出すと、光は探査機に戻ってくるんです。フラッシュが光った画像と光らない画像の差を取り、背景を消してしまうと、どこにターゲットマーカーがあるかを自分で探すことができるのです。これとレーザー高度計を組み合わせると、ターゲットマーカーまでの距離と水平方向の位置がわかるという事になります。この処理を「はやぶさ」は自律的に行って、ターゲットマーカーの真上に来るわけです。

寺門　「はやぶさ」は自分の姿勢も自分で制御するのですか。

川口　宇宙空間を飛んでいる時は太陽と星のセンサーを使って自分の見ている方向を知りますが、小惑星に降りる時にはそれを使いません。小惑星の表面に対して、探査機の軸が表面に垂直となるような姿勢にしますが、その時に使うのはレーザー距離計です。「はやぶさ」は4つのレーザー距離計を積んでいて、その4つのセンサーで決まる平面に垂直になるように探査機は自分で移動します。自律的にある高度を保ち、表面に対してある姿勢になろうとするわけです。

寺門　サンプルの採取ですが、小惑星に降りて採るというのは、これが初めてだと思うんですが、これについて何が一番難しいところなのでしょうか

川口　今申し上げたとおり、サンプルの採取よりも着陸自体が難しいんです。着陸をしてしまった後、プロジェクタイルと呼んでいる弾丸を表面に発射します。弾丸を表面に発射してから起こる現象については地上でもずいぶん確かめているので、弾丸を撃ち込んで試料を採取するということに関して言えば、あまり難しいものではありません。ただ着陸をさせるというところは大変重要で、そこに難しさがあります。

寺門　今までのＮＡＳＡの探査機のデータでは、エロスなどの小惑星の表面にはレゴリスとよばれる細かい砂がいっぱいあって、滑らかな感じがします。実際にイトカワの表面の状態を見た時には、どのような印象を持たれたでしょうか。

川口　イトカワではレゴリスが非常に少ないだろうというのは、もともと想定していましたが、実際イトカワに到着してみますと、思ったよりもはるかにレゴリスの場所が少ないんですね。ですから一番困ったのは、着陸する場所がないという事でした。

着陸の成否が不明な状況の中、次回への意気込みを示して。(11月20日、第1回タッチダウン後の記者会見)

地球圏以外の天体から離陸した最初の探査機となりました。

約30分間イトカワ表面に着地していたことが明らかになり、それを別の表現で意義付けて。(11月24日、第2回タッチダウンに向けた記者会見)

秒速1cmといえば、虫の歩く速度です。

約3億km彼方の探査機の速度制御のデリケートさを説明して。(11月24日、第2回タッチダウンに向けた記者会見)

それが現実の物語として目の前で起こっている。そこを強調したい。

工学的成果に言及し「イオンエンジンでの航行やサンプルリターンなど、眉唾と思われていたかもしれない」としながら。(12月14日、帰還の3年延期を伝える記者会見)

寺門　ミューゼスの海はその中でもわりとのっぺりとした場所ですけれども、あの位の広さがあれば、着陸には問題ないという事だったのでしょうか。

川口　いや、ミューゼスの海はすごく狭いです。許される直径は60mくらいですから。

寺門　でも結果的には降りることができましたね。

川口　そうですね。いわゆるピンポイントの着陸です。それができたということは、これは大変なことです。

寺門　大成功ですね。それから次は、地球の重力を利用して加速するスイングバイですが、これは今までやられているものと何か変わりはあったのですか。

川口　変わりはありますね。

寺門　そうですか。何が違うのでしょうか。

川口　イオンエンジンの推進方法を使って、スイングバイさせる方式自体に新しさがあるんです。増幅効果があり、1＋1が2ではなくなるんです。「はやぶさ」を打ち上げた後、イオンエンジンで加速しますが、加速しても最初の1年は太陽から余り遠くならない方向に加速しておきます。今回の新しい方法では、加速した分を貯金しておくことができます。これが第1のポイントです。そうしておいてからスイングバイすると、貯金した量の2倍を引き出せるのです。この方法が使われたのは「はやぶさ」が初めてなんです。

寺門　そうなんですか。

川口　イオンエンジンというのは時間をかけてようやく加速できるわけですから、正確なスイングバイを行おうとしますと、前もって軌道が正確に決ってないとできないわけです。そういう意味では今回実証できた方法というのはとても精密なものです。スイングバイをこれまで何度もやっているので、できて当然と考えられがちですが、大変神経を集中しなければできないことなんです。

日本独自の耐熱材料の開発に成功

寺門　そうですね。それから再突入カプセル。これについては何か新しいところがありますか。

川口　カプセルはスペースシャトルが大気圏に再突入してくるときよりも、はるかに高い熱にさらされます。冷却方法はアブレーション冷却という、耐熱材料自体が熱を奪い去っていきながら削られていく方法で、それで冷却するわけです。今まで経験したことがないくらい高い熱に対して材料が耐えなければいけません。

寺門　そうですか。その材料というのはアポロ宇宙船などに使われていたこれまでの材料とは全く別なものなのですか。

川口　日本で独自に開発しているものです。

寺門　そうですか。この開発もうまくいったという事ですね。

川口　そうですね。

寺門　今回の「はやぶさ」で得られた成果をふまえて、これからの小惑星ミッションはどんな道筋をとると、先生はお考えですか。

川口　本格的な試料を地球に持ち帰るというのが、次に続くと思うんです。この段階まで出来ているという事は、次にサンプル・リターンを提案する時に大変重要です。今回、実際にピンポイントの着陸ができました、探査機を誘導することもできる、イオンエンジンもちゃんと動きましたといえるわけですから。

寺門　なるほど。技術的に実証したことの意味は非常に大きいですね。この技術は、火星表面のサンプルのリターンとか、彗星のサンプル・リターンなどにも応用できるものなのでしょうか。

川口　もちろんそうです。火星の場合には重力が非常に大きくて、大気がありますので、試料の採集方法とかはかなり違ってきますが、彗星について言いますと、ほとんど同じ仕掛けが使えるんです。私が一番やりたいと思っているのは、彗星の核からのサンプル・リターンです。本当に試料を採集して帰ってくると、科学の根本が変わるかも知れませんね。我々の生命のルーツそのものが変わる可能性もあるわけです。これは、国を挙げてやって損はない計画だと思います。

寺門　小惑星とのランデブーや彗星のダストの採取はNASAで行っていますが、小惑星のサン

イトカワに向う「はやぶさ」（予想図）

『ミネルバ』から撮影された「はやぶさ」の太陽電池パネル（11月12日）

イトカワでの○印の中のターゲットマーカと「はやぶさ」の影（11月19日）

想定外でした。

キセノンの生ガス噴射というウルトラC級の姿勢制御を実施したことについて、事前の準備はあったのか聞かれて。（12月7日、奇跡的に通信が回復したことを伝える記者会見）

くしゃみひとつで危篤に陥る重病人に、ポストまで歩いて行って、ハガキを出してもらおうとするようなものです。

「普通なら簡単なことでも、非常に困難」となっている、シリアスな探査機の現況を表現して。（12月14日、帰還の3年延期を伝える記者会見）

（苦笑しながら）**疲労困憊しております。イトカワへ6往復したうち、非常離陸でなかったのは今回が初めてでしたから。**

1か月のうちに3度のリハーサルと2度のタッチダウンを実施した、運用チームのハードワークぶりを聞かれて。（11月26日、第2回タッチダウン後の記者会見）

プル・リターンはまだどの国もやっていません。日本の惑星探査技術が、世界でまだ誰もやっていないことを実現できる技術を確立できたという意味は大きいですね。

川口　ええ、私はそう思っています。NASAもヨーロッパも持ってないものをとにかく開発できた。これはとても大きい事だと思いますね。

寺門　「はやぶさ」は探査機というよりは自律型ロボットのようですね。海外の探査機と比べて、ロボット技術が随所に応用されているような感じがしますが。

川口　意図して取り入れていますね、プロジェクトとしては。やはりロボットというのは、日本の工業技術の1つの成果ですので、それを積極的に取り入れてアピールしていくことが、わが国の戦略に適っていると思います。ですからそこをやっぱり強調していかないと、我々のオリジナリティもアイデンティティもないだろうというのが、プロジェクトの出発点です。

寺門　最後に、現在の「はやぶさ」の状況についてお話し下さい。

川口　「はやぶさ」は2回目の着陸から離陸した後、化学エンジンの燃料が漏洩する故障が発生し、その後も漏洩した蒸気の噴出と思われる突発的な姿勢擾乱にみまわれました。ホイールの2台喪失に加えて、度重なる故障でいわば満身創痍という状態にあるといえます。12月8日までは、少しずつ回復して中利得アンテナでの通信ができるまでになりましたが、同日にふたたび突発的な姿勢擾乱が発生し、12月9日以降は通信が不通になっています。解析によれば、むこう1年の間に確率6～7割で通信が回復できる見込みです。とりあえず、帰還軌道を見直し、2007年春にイオンエンジンを再起動して10年6月に帰還する3年延期のスケジュールをたてています。

イオンエンジンの燃料であるキセノンガスの量は、帰路の運用に十分な残量があり、また飛行を延期したことから、帰路での運用率には余裕が生じるはずです。無論、すでに重症な状態なので、いくつもの難関が待ち受けているはずですが、プロジェクトとしては最後まで最善の努力を重ね、探査機を地球に帰還させる努力を続けていきたいと考えています。

目的が着地なら5回も試みはしません。工学技術実証を超えた領域で、サンプル採取にこだわっているからです。目的地はイトカワではないのです。

帰還こそがミッションであり、それが運用チームのモチベーションを保っている、としながら。（12月14日、帰還の3年延期を伝える記者会見）

ある意味の導きをしてくれたのだと思っています。

第1回着陸時に投下された88万人の名前入りターゲットマーカーが「はやぶさを再び導いたと言ってよいか？」との質問に答えて。（11月26日、第2回タッチダウン後の記者会見）

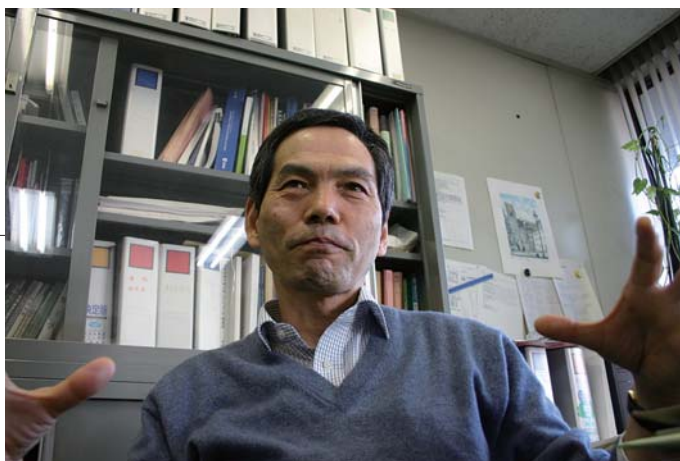
高い塔を建て、その上に登ってみると、もっと広い展望が開ける。それが科学技術全般を牽引していく力になるんだろうと思います。

リスクを賭けた挑戦の意義を、記者の質問に対する答えからはやや逸脱しながらも熱く語った。（12月14日、帰還の3年延期を伝える記者会見）

ワクワク、ドキドキ、そしてイキイキ

「イトカワ」科学観測の興奮と、その成果

地球から約20億kmも旅して小惑星イトカワに到達・着陸した「はやぶさ」。その功績はサイエンスの視点から、地上観測の有効性と限界を明らかにしたことにもある、と藤原教授は語る。

藤原顕 JAXA宇宙科学本部 固体惑星科学研究系 教授・理学博士

地上からの観測では暗い輝点にしかすぎない小惑星「イトカワ」だが、探査機「はやぶさ」から見えるその姿は徐々に明るく大きくなってきていた。

8月半ば、はやぶさはスタートラッカー(星の配置から探査機の姿勢や向きを確かめる)で約3万5000km先のイトカワをとらえ、目的地に向けた軌道の最終修正が地上からの指令で行われた。

9月に入り、約1000kmの地点から撮った写真には、もはや点ではなく数ピクセルの画像としてイトカワがとらえられていた。

「もうワクワク、ドキドキとしか言いようがなかったですね」と語るのは、サイエンスチームのリーダーとして科学観測を指揮し、サンプル採取機器の開発にも関わってきた藤原顕教授だ。そして藤原教授は「まず行って見ることができただけで、大きな意義があったんです」とその科学的成果を語る。

到達したことが工学実験探査機としての成果であることはわかるが、その科学的な意義とは何なのか。

暗い輝点から多くの情報を引き出す

そもそも小さくて遠くにある小惑星は、とても暗い。地球との位置関係にもよるが、イトカワは最も明るくて13等級、通常は20等級前後と、肉眼で見える最も暗い星(6等級)の数百~数十万分の1の明るさしかない。そしてどんな観測手段を用いても「点」にしか見えない。

「しかし、明るさの時間変化が観測できれば自転周期がわかります。さらに季節を隔てて観測を続ければ、光源(太陽)と観測者(地球)との位置関係の違いから、さまざまな情報を得ることができます」

国際シンポジウムは“到着前夜祭”

イトカワの明暗の変化のサイクル、すなわち自転周期は12・1時間。高性能の望遠鏡を使って幾晩も観測を続け、丹念にデータを補正しながら重ね合わせることで得られた「地上観測の成果」だ。

さらに、大きさ、形状、自転の方向、自転軸の黄道面からの傾きなども推定されていた。もちろんスペクトル(波長ごとの明るさの分布)を調べたり、超大型電波望遠鏡をレーダーとして利用するなど、膨大な手間とエネルギーを費やして得られたデータに基づいた「予想」が立てられた。

「2004年の秋に相模原キャンパスで第一回はやぶさ国際シンポジウムを行い、観測データや最新の科学的知見が世界中から持ち寄られた。議論百出の“到着前夜祭”のような、非常に楽しいシンポジウムでした」

何十万個もの小惑星をどうやって調べるか

9月12日、はやぶさはイトカワから約20km上空のゲートポジションで相対速度ゼロ→“静止”

し「到着宣言」が出された。英語で「potato-shaped」、日本語では「かりんとう」や「ラッコ」などと形容されたその姿が明らかになったことで、事前の予想の当たり外れも明らかになった。

「この段階で、事前の形状モデルの妥当性がわかりました。表面の反射率が思ったより高かったので、大きさは予想よりやや小さめだった。しかしひしゃげたようなプロポーションはそう大きく外れてはいない。概して地上からの観測はかなり信用できるものであることが分かった。これまでは《○○であろう》としか言えなかったことが《○○である》と断言できるわけで、これはとても重要なことなんです」

藤原教授がこの点を強調する理由は、地上観測が今後も小惑星観測のメインの手段であり続けるからなのだという。

「だって小惑星は何十万個もあるんですよ。はやぶさをそんなには飛ばせないでしょう（笑い）」

今後も数限りなく行われるであろう地上からの小惑星観測において、その有効性と限界を明らかにした……。これがまず、到達しただけで得られた科学的成果だったわけである。

「宝の山に踏み込む気分」

それまでは遠くから眺め、その姿を思い描くばかりだったイトカワが、手触りさえ感じられるほど確かな実体として目の前に現れた。そこから始まる本格的な近傍観測は、研究者にとって至福の日々であり、まさに宝の山に踏み込むような気分だったに違いない。

得られた成果の詳細については、近いうちに論文の形で発表されることになるであろうため、本稿で踏み込むことはしないし、できないが、たとえば次のような科学的成果が今後期待できる。一例を紹介すると……。

《小惑星表面のさまざまな部分からの多彩で多様な情報も、地上からの観測では暗い輝点という1チャンネルの情報に圧縮されてしまっていた。だがイトカワに関しては現場で観測を行うことができ、地上からの観測データとそれを比較検証することができる。そうすれば「圧縮された1チャンネルの情報」から、多彩な情報を復元する方法が見つかるかもしれず、それが何十万個もの小惑星に適用できるかもしれない》

《地上で発見される隕石の大部分がオーディナリーコンドライトと分類されるタイプだが、いっぽう小惑星に一番多いのが「S（ストーン）型」と呼ばれるタイプ。この2つの反射スペクトルは、一致しない。これらが異なるものなのか、それとも同じものが何らかの作用でそうなってしまっているのか？　現在は「スペースウェザリング（宇宙風化）」と呼ばれる宇宙線や宇宙塵の衝突による表面の変成作用がその溝を埋めているが、ほんとうにそうなのか？　サンプルの詳細な分析が行えれば、その答えが明らかになるかもしれない》

「サンプル採取」に関しては、「1回目の着地で舞い上がり、取得された可能性がある」「2回目の着地時に、サンプル取得のための弾丸が発射されていない可能性が高い」という、なんともグレーな状況にある。

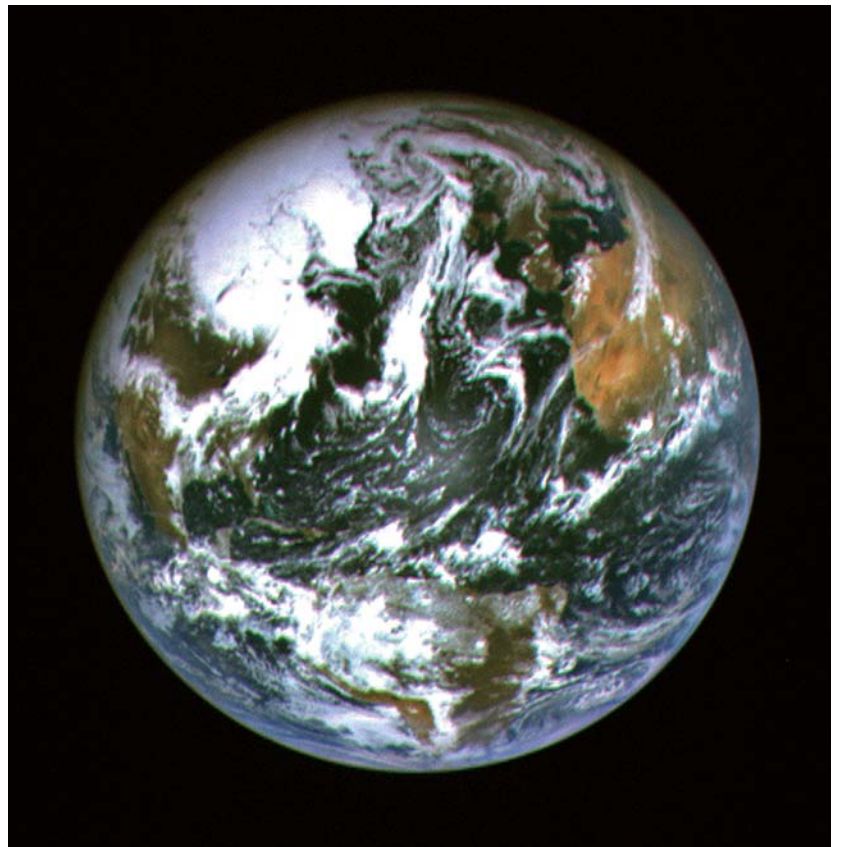
藤原教授自身、無重力フライトに同乗して機内で弾丸発射を伴うテストを実施するなど、装置の開発に深く関わってきただけに、思い入れも深い。

「（サンプルの分析は）小惑星と隕石という2つの学問領域が重なり合い、蓄積されてきた膨大なデータがイキイキと動き出すきっかけになる」（藤原教授）と、大きく期待する。

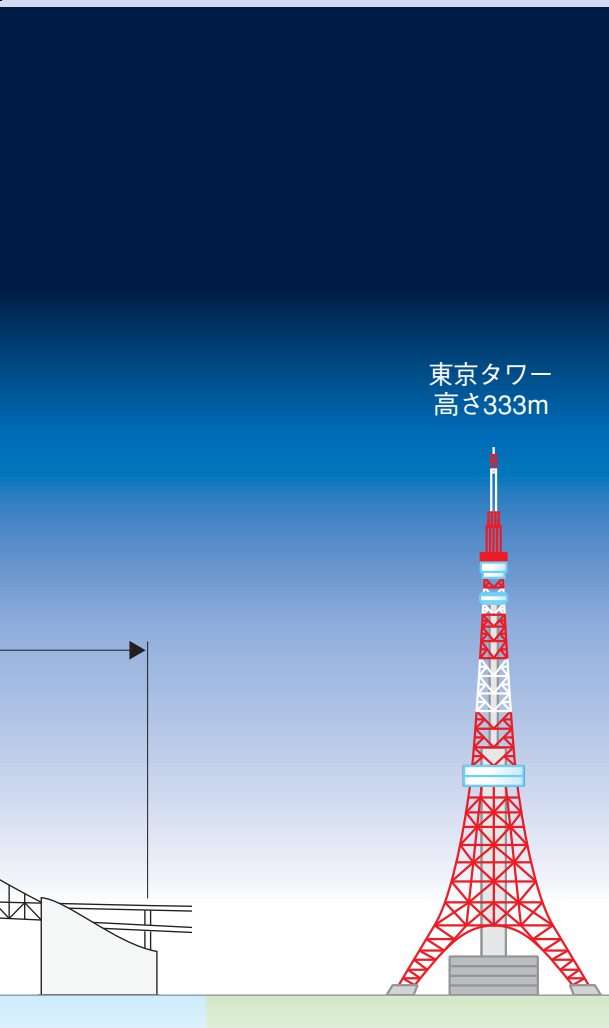
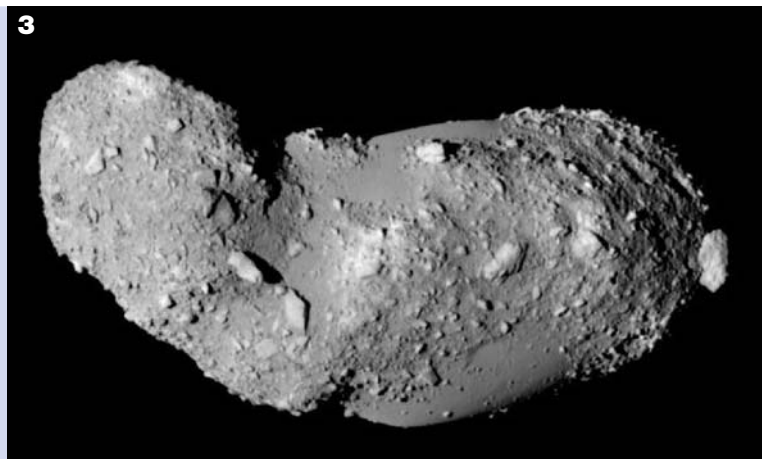
「はやぶさが撮った地球」を再び見たい

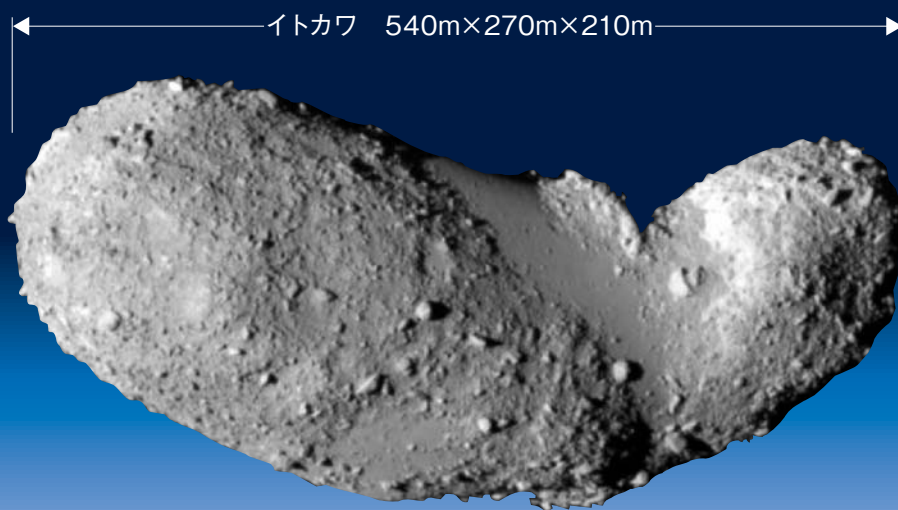
打ち上げから1年を経た04年5月19日、小惑星に向かう軌道に入るためはやぶさは地球スイングバイを行った。その際、搭載の光学航法カメラの較正も兼ねて地球を撮像し、日本に接近する台風まで写し留めた鮮明な写真を送ってきた。これを記憶している方も多いのではないか。

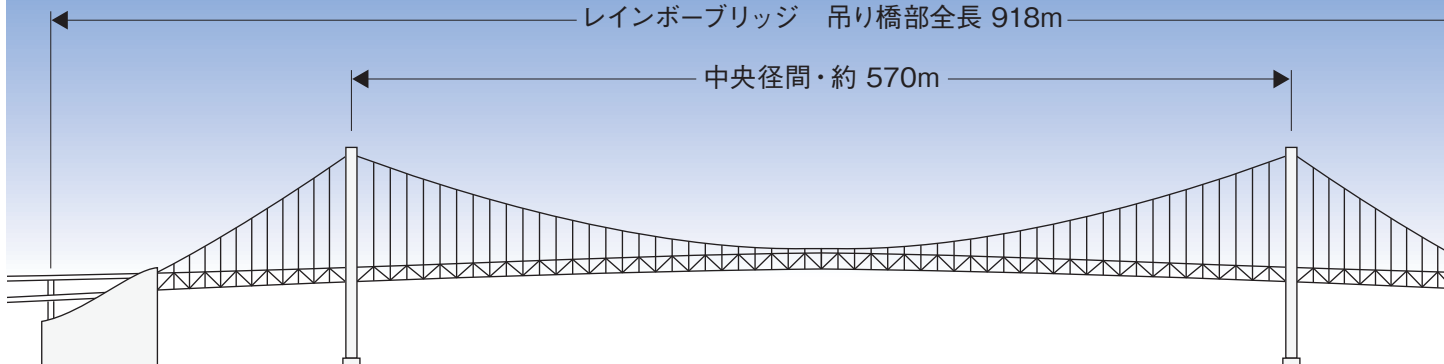
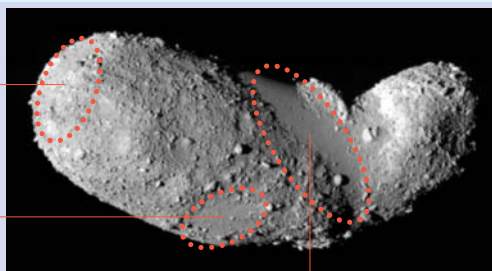
将来のある時期、数々の科学的成果を上げたはやぶさの観測機器群に再び火が入れられ、再び地球を撮像する……。科学的にはもはや価値もなく、いささか情緒的にすぎるかもしれない。しかし、その写真を見てみたいと思う人は、多いと思うのだ。

（写真と文・喜多充成）

「はやぶさ」が撮影した地球：2004年5月18日撮影

イトカワ ア・ラ・カルト

「はやぶさ」がはるばると旅をして、
たどり着いた小惑星「イトカワ」。今や世界で最も
有名な小惑星となりました。
これまでの小惑星のイメージをくつがえすその姿。
科学的解明はこれからですが、
現在、わかっている範囲での、“これがイトカワだ”をお届けします。

イトカワの素顔。「ラッコ」に例えた場合の、**1**後頭部、**2**左側部、**3**右側部。
このほかにも「ジャガイモ」「ピーナッツ」「カール」と、いろいろに言われていますが、あなたは何に見えますか？

小惑星の中でも小ぶりのイトカワを、東京タワーやレインボーブリッジと比べてみましょう。

イトカワ　540m×270m×210m

レインボーブリッジ　吊り橋部全長 918m

中央径間・約 570m

はやぶさの打ち上げ時、「1998 SF36」だった「イトカワ」。地名もだんだんと増えています。ミューゼスの海、リトルウーメラ砂漠、内之浦……。着陸地点の名称も2000名もの皆さんの応募から、「はやぶさポイント」と名付けられました。これから小さなクレーターひとつひとつに名前が付けられ、地図が埋まっていくことでしょう。

見つめるのは大地の表情

JAXAの新しい地球観測衛星ALOSの打ち上げ

1月19日、種子島宇宙センターからH-IIAロケット８号機で、
陸域観測技術衛星ALOS(Advanced Land Observing Satellite)が打ち上げられます。
JAXAの新しい地球観測衛星ALOSは、
地球資源衛星1号「ふよう」や
地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」で開発してきた
陸域観測技術をさらに高度化し、
高分解能の陸域観測データを全地球的規模で収集することを
目的とした衛星です。

3つのセンサー

ALOSは質量4トンの大型衛星で、高度690kmの軌道から地球を観測します。地表を観測するセンサーは次の3種類を搭載しています。

❶**PRISM**　可視光で2.5mの分解能で地表を観測し、立体的に見れる地表3次元データを取得します。

❷**AVNIR-2**　可視光から近赤外光で地表を10mの分解能で観測し、土地の利用状況や植生などを調べます。

❸**PALSAR**　地表に向けて放射した電波の反射波を観測することで地形や地質を調べる合成開口レーダーで、10mの分解能、広域観測が可能です。

これらの高性能センサーのほか、衛星本体も高精度の姿勢制御系と、衛星位置の決定システムを持っています。また、観測した大量のデータを地表に送信するため、大容量のデータ記録装置を内蔵し、データ圧縮装置を含む高速通信システムを持っています。

安全・安心な社会への貢献にむけて

富岡健治
ALOSプロジェクトマネージャー

ALOSは技術検証衛星ながら実利用に近いところを狙った衛星です。

折しも、新潟県中越地震、スマトラ沖の津波、ハリケーンによる大洪水等大規模な災害が頻発しており、衛星による状況把握がますます重要になってきています。

特にPALSARの持つ高分解能、広観測幅、昼夜・天候に影響されない観測データは国際的にも期待されています。

また、ALOSは2万5000分の1の地図を作成するために必要な技術をぎっしり詰め込んだ衛星です。国内の地図更新はもとより、整備が遅れている開発途上国の地図作成にも大いに貢献できると考えています。

ALOSは衛星利用による「安全・安心な社会への貢献」の一環として開発を進めて参りました。いよいよその最終段階を迎えるわけですが、ミッション達成に向けALOSメンバーの力を結集し（適度な緊張と期待を維持しつつ）打ち上げ／運用に望みます。

4つのミッション

これらのセンサーで得られたデータを利用して、ALOSでは次のことを目的としています。

●**地図作成**　日本国内やアジア太平洋地域など諸外国の地図の作成・更新

●**地域観測**　世界各地域の「持続可能な開発」（地球環境と開発との調和）に必要な地域観測

●**災害状況把握**　国内外の大規模災害の状況把握

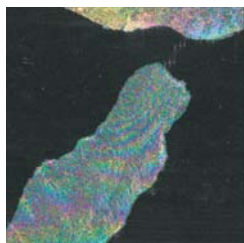
●**資源探査**　国内外の資源探査

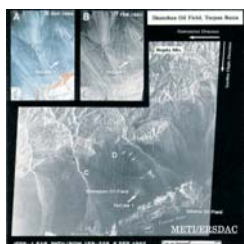
PRISMでの観測（予想図）

地図作成

ALOSのデータを用いて、全世界の陸域で1/2万5000の地形図を作成します。

地域観測

世界各地域において、環境と調和した開発を可能にする地域観測を実施します。

災害状況把握

国内外で突発的に発生する地震、火災、噴火、重油流出などの大規模災害の際に、すばやく被災地域の状況を把握します。

資源探査

地形の特徴などを解析することで、未開発の地下資源探査に利用することができます。

16.5トンのHTVをISS軌道へ運ぶH-IIBロケット、新たに開発スタート

日本の宇宙港(スペースポート)、鹿児島宇宙センター。
その中でも最大の発射場である種子島の吉信射点から轟音を響かせて
力強く飛翔するH-IIAロケット。このH-IIAロケットを
パワーアップし、国際宇宙ステーションや月面への物資輸送など
将来の新しいミッションへの可能性を開く新しいロケット、
H-IIBの開発がこの夏、本格的に始動した。今回、そのH-IIBロケットに
スポットをあて、その概要を紹介する。

H-IIBロケットの主要な目的はふたつある。ひとつは宇宙ステーション補給機(HTV)(注1)を打ち上げることである。もうひとつの目的は、H-IIAロケットとH-IIBロケットを併せて運用することにより幅広い打ち上げニーズに対応するとともに、その高い打ち上げ能力を活かして複数の衛星を同時に打ち上げることにより打ち上げコストの削減を図り、我が国の宇宙産業を活性化することである。

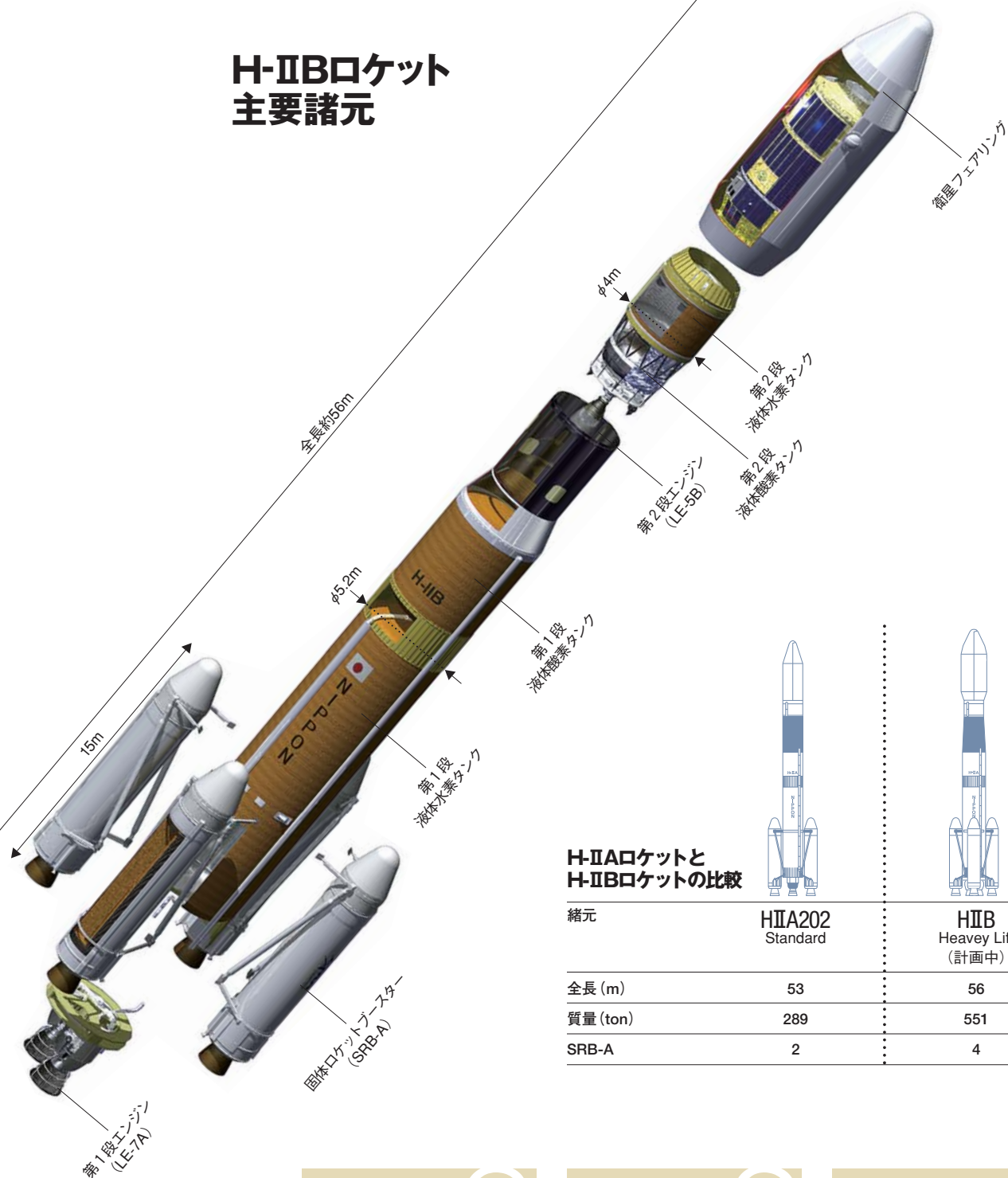
打ち上げ能力を上げるため、固体ロケットブースター(SRB-A)を4本とし、第1段液体ロケットエンジン(LE-7A)を2基束ねて(クラスタ化)いる。また、第1段タンクの直径を従来の4mから5.2mに拡大し、全長を1m伸長することにより推進薬をより多く搭載できるようにした。HTV打ち上げ時には、HTV専用フェアリングを用いる。なお、それ以外の搭載機器や地上設備については、これまで運用実績のあるH-IIAロケットと極力同一仕様・構成を踏襲し、開発リスクおよびコストの低減を図っている。

現時点では具体的な計画にはなっていないが、将来構想としては、このH-IIBロケットを用いることで、月面上への物資輸送や深宇宙探査の可能性も広がってくる。日本が世界に先駆けている無人ロボット技術とあわせることにより、月利用(注3)の基盤技術の蓄積、データの取得も可能となる。

現在、H-IIBロケットの開発は、基本設計作業や開発試験、大型タンク製造設備の整備等を進めている。今後、いくつかの開発の山場を越え、我が国の宇宙開発の現在と将来をつなぐ架け橋として、種子島宇宙センターから打ち上げられる。

最大打ち上げ能力

最大打ち上げ能力	GTO(注2)	HTV軌道(注1)
H-IIAロケット	約6トン	約12トン
H-IIBロケット	約8トン	約16.5トン

H-ⅡBロケット 主要諸元

H-ⅡAロケットと H-ⅡBロケットの比較

緒元	HⅡA202 Standard	HⅡB Heavy Lift（計画中）
全長（m）	53	56
質量（ton）	289	551
SRB-A	2	4

月利用 注3

JAXAでは、月利用に関して以下の３つの柱を長期ビジョンとしている。

・月に安定した基地を作ることで、恒久的な月探査と月面天文台を可能にする。
・月の資源を有効に活用する。
・他の惑星に行くための拠点とする。

GTO 注2

静止トランスファー軌道
Geostationary Transfer Orbit

人工衛星を静止軌道に投入する前に、ロケットにより投入される軌道。遠地点3万6000km、近地点200〜300kmの楕円軌道で、遠地点で衛星のロケットエンジンに点火し静止軌道に投入する。実用ロケットの打ち上げ能力を表す場合、「GTOに何トン（の衛星を打ち上げられるか）」で表現することが多い。

HTV 注1

宇宙ステーション補給機
H-II Transfer Vehicle

国際宇宙ステーション（ISS）には、運用期間中、水、食料などの生活物資や、新しい実験装置、実験用サンプルなどの研究用資材などを継続的に運んでいく必要がある。我が国では、これらの物資を現在開発中のHTV内に格納し、H-ⅡBロケットで打ち上げることにより、ISS計画を支えていく。HTV軌道とは、HTVが自力でISSへのランデブー飛行に移る前に、ロケットにより投入される低高度の楕円軌道のことをいう。

Interview

向井千秋宇宙飛行士インタビュー

教育という場で、宇宙を伝える。

宇宙関連分野で活躍する人材を育成するための、
国際的な大学院教育機関として1987年に創設された、国際宇宙大学。
現在、この大学で教鞭をとる向井千秋宇宙飛行士は、教育をひとつのツールとして
国際交流の心を育み、自身の体験談を通して宇宙の魅力を伝えています。

宇宙飛行士としての実体験を通して

現在、私の仕事はＪＡＸＡで4割、あとの6割が国際宇宙大学（ＩＳＵ）におけるものです。ＩＳＵには修士コースと、実践チームで論文をまとめる夏季セッションの2つのプログラムがあり、ここで招聘教授としてライフサイエンスについて教えています。

この大学には世界30数か国からさまざまな人間が集まっています。たとえばプログラム・マネッジメントをされた人、専門的にマスターを取得した人、医者やエンジニアなど、国籍はもちろん年齢も経歴もバラバラです。そういう人たちがチーム・プロジェクトを通していろいろなことをやろうとしている、おもしろい組織です。ライフ系の割り当ては、全17時間。その中でバックグラウンドや知識もバラバラの学生たちに、宇宙に行くとどうなるかについて教えるカリキュラムを組むのはなかなか難しい。まず応用研究的なことを教え、興味のある人は論文を読むという形でやっていこうと考えています。

たとえば「地球の生命体が宇宙に行くと、こういう環境の違いからこんな影響を受ける」「将来、月や火星に行くとそれを支援するライフサポートシステムが必要」というような流れで、大枠を〝living and working in space〟とする。そこから枝葉が分かれ、生理学でいえば骨や筋肉の話になる。学際的に教えなければならないので「宇宙に行けば骨や筋肉が寝たきりの人のように弱り、それを治療するのには運動も栄養も重要なこと」となる。そうして栄養の分野に入っていき、世界各国の食文化について考え、宇宙食の話になる。シャトルではこう、ロシアではこうだと、今、宇宙

1998年、スペースシャトルディスカバリー号での向井宇宙飛行士、左はグレン宇宙飛行士

食で取り入れられているものを紹介し、日本が開発しようとしている次世代の宇宙食を学生たちに試食してもらえれば「これはおいしい」とか「塩味が薄い」といった30数か国の学生からデータが得られる。単に「骨が弱くなる」という話から、メカニズムの他、「これがおもしろい」『あれがおもしろい』「じゃあもっと深く掘り下げよう」と、いろんな観点からの入り口をつくることができる。そういうとらえ方の道筋みたいなものを教えていこうと思っているんです。

ＩＳＵでは具体例についての話をしています。教科書に書いてあることは個々の学生が読めばいい。初のフライトでも医学実験を行ったように、やはりなるべくは自分が行ってきた実験をひとつの例として紹介したい。私でなければ教えられないという部分を全面に出せたら、と思っていますから。実際、宇宙飛行士の体験談には学生たちも興味を持ってくれるのですが、訓練やセレクションは国によって違うので、各国の宇宙飛行士を集めて各々違う観点からの経験談を話すということも企画しています。

〝宇宙〟から始まる国際交流

ここには〝宇宙大好き人間〟が集い、時のたつのも忘れて語り合う時間がある。先生と学生との境も少なく、教える側にとっても勉強になることがあるのでおもしろいですよ。

学生たちのキャリアや文化が違うことで教えづらいということはあまり感じません。人それぞれの違いを受け入れることができてかえって楽かもしれない。これから国際的にやっていくうえでは、ひとつの方法論として考えられることかもしれないですね。

もともとこの大学は、マサチューセッツ工科大学の学生を含む3人の学生がつくったもの。そのうちのひとり、Peter Diamandisというアンゼリ・エクスプライズの社長になった人がＮＡＳＡの招待科学者だった頃、「チャレンジャー」の事故の後で私もＮＡＳＡにいまして同じ研究室で知り合いました。当時から彼は「〝宇宙〟をキーワードにいろんな分野の人が集まって異文化間で意見交換できる、既成の大学観念にとらわれないキャンパスが理想だ」と言っていましたね。そんな環境で宇宙のプロモーションに役立つ人たちを育てたい、と。

まだまだ卒業生は少ないですが、サマーセッションなどはその精神を受け継いでいるといえます。2か月ですから忙しい人でも参加できます。マスターコースにしようというのではなく、人材交流を含め、もっと違うことを習いたいという人が集まってきているので、そういう意味ではひじょうに役に立っているようです。

国際プラットフォームとしてのＩＳＵ

サイエンスは、やはり国際協調の中で進めなければなりません。そういう意味では、ＩＳＵはそのベースを築いたという気がします。大切なのは、まず互いの違いを認めること。違いを受け入れたうえで議論して直すなり、より良いシステムをつくっていけばいい。それぞれが違うことを前提とすれば、共通点が見いだせたときにお互いを大事にすることができる。ＩＳＵでは、そういうことは日常茶飯事に起こります。違いはあるけれど同じ部分もたくさんあるし、こういう経験をひとつの財産に視野を広げていけばいいのです。知識を詰め込むよりも、そうした訓練をする重要性が大きいと思いますね。

私はもともと教育学者ではないから、教育論を追求するのではなく、ＩＳＵを国際プラットフォームというひとつの手段としてとらえていきたい。将来ヤングリーダーとなるべき人たちに宇宙環境の魅力やその利用の必要性を教えていくことが、自分の役割を果たすことになるのではないかと感じています。また日本の老齢化社会では、ＩＴやユビキタスコンピュータなどワイヤレスでの医療がすごく発達していますから、それらを教えることで日本の先端技術を自然に学べるようにしたい。

今後ＩＳＵという地にもっとしっかり足をつけた状況になれば、ＪＡＸＡの産学官連携部のようにいろんな企業と一緒になって、日本の科学技術を含むさまざまなことを広範囲にわたって教えていければいいなと思っています。

（文：山中つゆ）

ISU

ISU（国際宇宙大学：International Space University）
ISUは、宇宙関連分野で活躍する人材を育成するために、1987年に米国ボストン市で設立された国際的な高等教育機関です。現在は、フランスのストラスブール市にキャンパスを設け、国際・異文化交流・多様な学問分野の３つをコンセプトとした教育プログラム（修士コース／サマー・セッション・プログラム）を実施しています。これまで全世界に約2300名の卒業生を輩出し、世界的規模の“人と情報のネットワーク”を形成しています。日本人卒業生は約150名となり、宇宙航空分野の研究・開発・産業などの最前線で活躍しています。

最前線

INFORMATION 1

1、2月に3機の衛星打ち上げ

種子島宇宙センターと内之浦宇宙空間観測所では、この1、2月に3機の人工衛星打ち上げが予定されています。各サイトでは衛星系、ロケット系、射場系と打ち上げに向け整備作業が進められています。

種子島宇宙センター

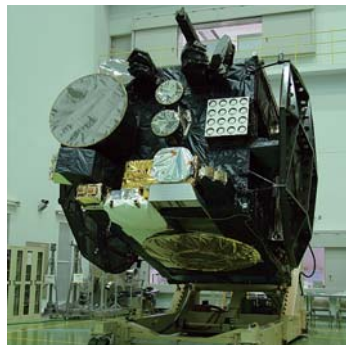
ALOS 陸域観測技術衛星

本誌（12、13ページ）のとおり、打ち上げは1月19日の午前10時半過ぎの予定。

RSC/JAXA

種子島宇宙センター射場に2つのH-ⅡAロケット

大型ロケット組立棟で最終準備作業を進める8号機（ALOSのマークが見える）。組立棟の扉の向こう約500mのところを、「極低音点検」のため第1射点に向かう9号機が見えます。種子島宇宙センターで整備作業中の2機のH-ⅡAロケットです。（撮影12月19日）

整備中のMTSAT-2（国土交通省／気象庁提供）

MTSAT-2 運輸多目的衛星新2号

昨年2月26日に打ち上げられた運輸多目的衛星（ひまわり6号）とともに、航空管制、気象観測2つのミッションがあります。航空ミッション衛星を使った新たな航空保安システムを構築し、アジア太平洋区域の航空交通容量の拡大と安全性の向上を図ります。気象ミッションは、気象イメージャによる観測と気象データの収集・配信を行うもので、現在運用中の「ひまわり6号」の気象ミッション運用が終了するまでは、予備衛星として軌道上で待機します。
H-ⅡAロケット9号機で、2月15日に打ち上げの予定です。（株式会社ロケットシステムから打ち上げ業務を受託）

内之浦宇宙空間観測所

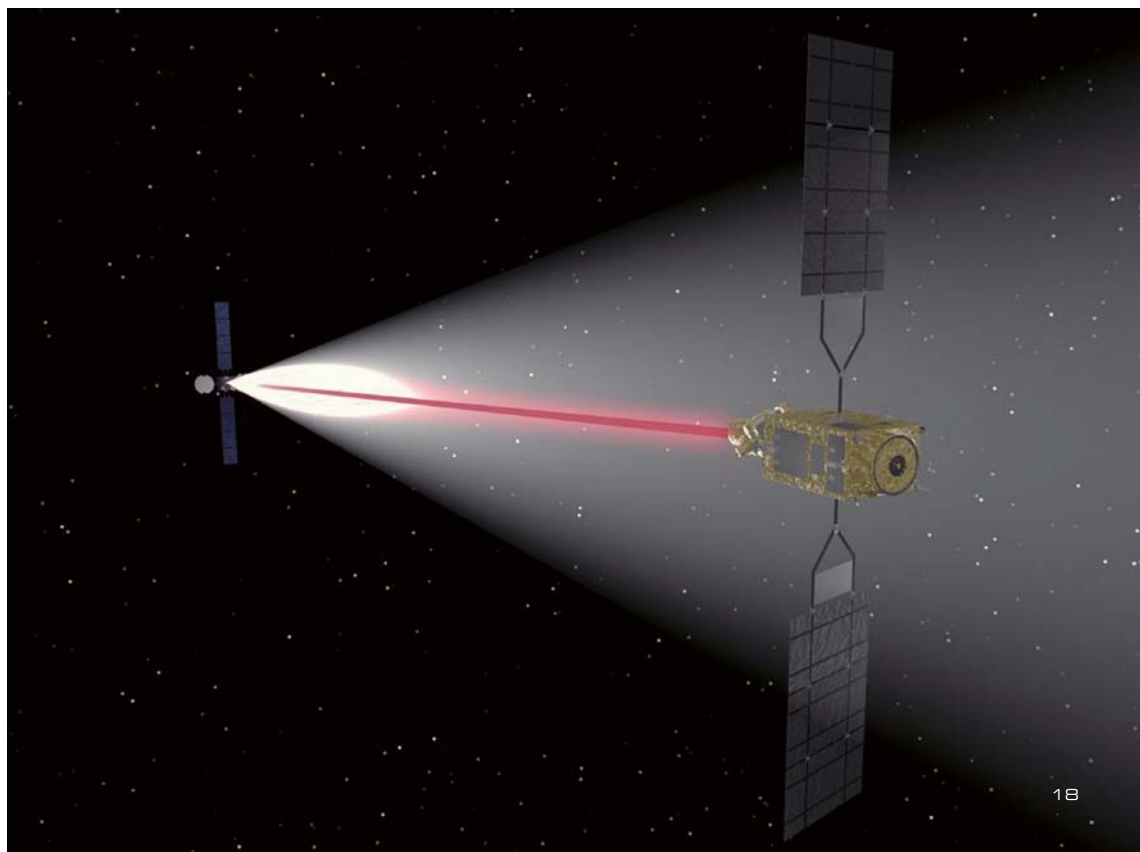
ASTRO-F 赤外線天文衛星

ASTRO-Fは、軌道上赤外線望遠鏡を持つ衛星で、単独の本格的な赤外線天文衛星としてはわが国初となります。
2月18日、M-Vロケット8号機で高度約750kmの太陽同期極軌道に打ち上げられる予定です。

組立てのため移動中のM-Vロケット8号機 第1段モーター

INFORMATION 2

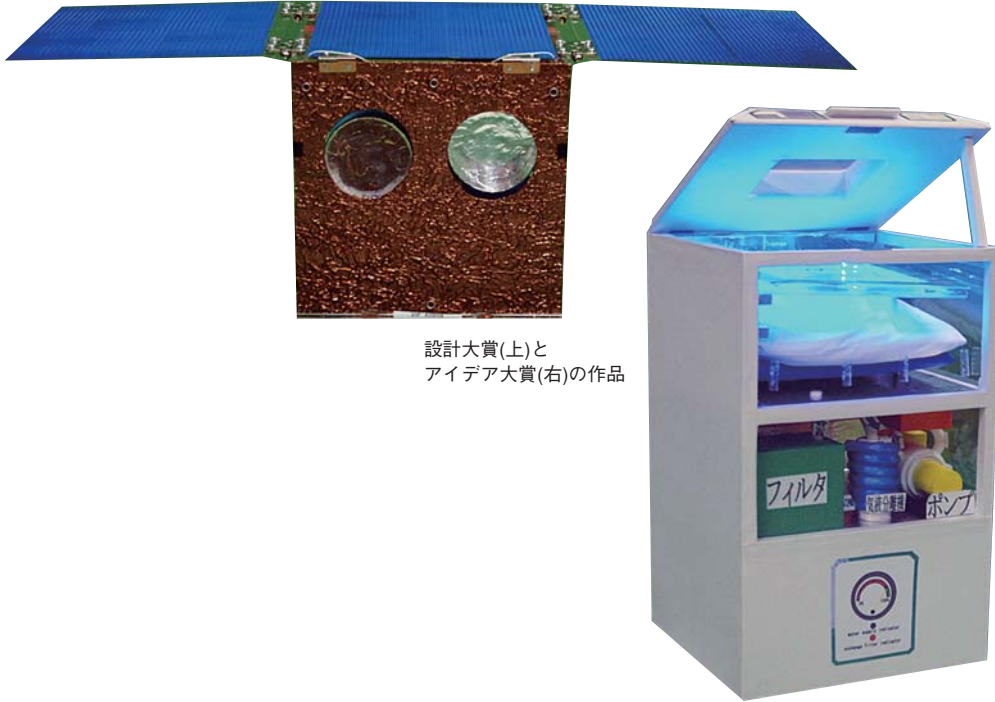
宇宙も光通信の時代に！「きらり」光通信実験に成功

12月9日、光衛星間通信実験衛星「きらり」は欧州宇宙機関（ESA）の先端型データ中継技術衛星「アルテミス」との、双方向光衛星間通信実験に成功しました。秒速数kmで移動しながら約4万km離れた「衛星間・双方向光通信」は、高度な技術が必要で、この成功は世界初となりました。
「きらり」は、昨年8月24日ロシアのドニエプルロケットで打ち上げられたもので、今後「アルテミス」との光衛星間通信実験を続け、その後、統計的データ取得等の作業を行う予定です。

INFORMATION 4

設計大賞に東北大学大学院「地球大気流出観測衛星」

第13回衛星設計コンテスト開催

10月30日、東京都立航空工業高等専門学校で、JAXA、日本機械学会、日本航空宇宙学会、電子情報通信学会などの共催で、第13回衛星設計コンテストが開催されました。

35の応募作品から最終審査会に残った設計・アイデア部門10チームとジュニア部門4チームで争われ、設計大賞に東北大学大学院の「地球大気流出観測衛星」が、アイデア大賞に国立鳥羽商船高等専門学校の「宇宙で洗濯!」などの各賞が決定しました。 なお、今回からこれまでの大学院、大学、高等専門学校からだけの応募から、新たに高校生を対象としたジュニア部門が設けられ、最初の高校生ジュニア部門賞に山口県厚狭高校が選ばれました。今後、より幅広い作品の応募が期待されます。

設計大賞(上)と
アイデア大賞(右)の作品

INFORMATION 3

第27回宇宙ステーション利用計画

ワークショップの開催

12月7、8日の2日間、江戸東京博物館で第27回宇宙ステーション利用計画ワークショップが開催されました。

ワークショップは、国際宇宙ステーション（ISS）／きぼうの利用に関して、「ISS計画／きぼう利用の現状と有人宇宙開発の将来ビジョン」と「初期利用に続くきぼう利用の新たな展開」をテーマとして、ISS利用者や一般の方々との意見交換を行うことを目的として開催されました。

JAXAからISS計画／きぼうの現状と今後の取り組みなどについて報告し、利用者、研究者からはこれらに対する要望、提案が出されるなど、活発な意見の交換が行われました。2日間で約400名もの参加者があり盛況なワークショップでした。

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作 ●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン ●Better Days
印刷製本 ●株式会社ビー・シー・シー

平成18年1月13日発行

再生紙（古紙100%）使用

事業所等一覧

本社
航空宇宙技術研究センター
〒182-8522
東京都調布市深大寺東町7-44-1
TEL：0422-40-3000
FAX：0422-40-3281

航空宇宙技術研究センター
飛行場分室
〒181-0015
東京都三鷹市大沢6-13-1
TEL：0422-40-3000
FAX：0422-40-3281

東京事務所
〒100-8260
東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング（受付2階）
TEL：03-6266-6000
FAX：03-6266-6910

相模原キャンパス
〒229-8510
神奈川県相模原市由野台3-1-1
TEL：042-751-3911
FAX：042-759-8440

筑波宇宙センター
〒305-8505
茨城県つくば市千現2-1-1
TEL：029-868-5000
FAX：029-868-5988

角田宇宙センター
〒981-1525
宮城県角田市君萱字小金沢1
TEL：0224-68-3111
FAX：0224-68-2860

種子島宇宙センター
〒891-3793
鹿児島県熊毛郡南種子町
大字茎永字麻津
TEL：0997-26-2111
FAX：0997-26-9100

内之浦宇宙空間観測所
〒893-1402
鹿児島県肝属郡肝付町
南方1791-13
TEL：0994-31-6978
FAX：0994-67-3811

地球観測センター
〒350-0393
埼玉県比企郡鳩山町大字大橋
字沼ノ上1401
TEL：049-298-1200
FAX：049-296-0217

地球観測利用推進センター
〒104-6023
東京都中央区晴海1-8-10
晴海アイランド トリトンスクエア
オフィスタワーX棟23階
TEL：03-6221-9000
FAX：03-6221-9191

能代多目的実験場
〒016-0179
秋田県能代市浅内字下西山1
TEL：0185-52-7123
FAX：0185-54-3189

三陸大気球観測所
〒022-0102
岩手県大船渡市三陸町吉浜
TEL：0192-45-2311
FAX：0192-43-7001

名古屋駐在員事務所
〒460-0022
愛知県名古屋市中区金山1-12-14
金山総合ビル10階
TEL：052-332-3251
FAX：052-339-1280

勝浦宇宙通信所
〒299-5213
千葉県勝浦市芳賀花立山1-14
TEL：0470-73-0654
FAX：0470-70-7001

増田宇宙通信所
〒891-3603
鹿児島県熊毛郡中種子町
増田1887-1
TEL：0997-27-1990
FAX：0997-24-2000

臼田宇宙空間観測所
〒384-0306
長野県佐久市上小田切
字大曲1831-6
TEL：0267-81-1230
FAX：0267-81-1234

沖縄宇宙通信所
〒904-0402
沖縄県国頭郡恩納村字安富祖
金良原1712
TEL：098-967-8211
FAX：098-983-3001

小笠原追跡所
〒100-2101
東京都小笠原村父島桑ノ木山
TEL：04998-2-2522
FAX：04998-2-2360

事業所トピックス
●雪景色

内之浦宇宙空間観測所
南国鹿児島の内之浦に、
12月の積雪量としては記録的な大雪です。
12月22日未明から降り続いた雪は
10cmにもなりました。

能代多目的実験場
JAXA事業所の中で最も北に位置する能代。
冬のあいだは、日本海からの
シベリアおろしの季節風が吹き荒れ、
寒い日々が続きます。

［海外駐在員事務所］

ワシントン駐在員事務所
JAXA Washington D.C. Office
2020 K Street, N.W.suite 325,
Washington D.C. 20006 U.S.A.
TEL:+1-202-333-6844
FAX:+1-202-333-6845

ヒューストン駐在員事務所
JAXA Houston Office
Cyberonics bldg., Suite 201,16511 Space Center Blvd.,
Houston, TX 77058 U.S.A.
TEL:+1-281-280-0222
FAX:+1-281-486-1024

ケネディ宇宙センター駐在員事務所
JAXA KSC Liaison Office
O&C Bldg., Room No.1014, Code: JAXA-KSC
John F. Kennedy Space Center, FL 32899, U.S.A.
TEL:+1-321-867-3879/3295
FAX:+1-321-452-9662

パリ駐在員事務所
JAXA Paris Office
3 Avenue Hoche, 75008-Paris, France
TEL:+33-1-4622-4983
FAX:+33-1-4622-4932

バンコク駐在員事務所
JAXA Bangkok Office
B.B Bldg., 13 Flr.Room No.1305
54 Awoke Road, Sukhumvit 21,
Bangkok 10110, Thailand
TEL:+66-2-260-7026
FAX:+66-2-260-7027

東京駅丸の内北口より徒歩1分　10:00〜20:00・年中無休（元旦を除く）

JAXA
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency
広報部　〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング2Ｆ
TEL:03-6266-6400　FAX:03-6266-6910
JAXAホームページ　http://www.jaxa.jp
宇宙情報センターホームページ　http://spaceinfo.jaxa.jp
最新情報メールサービス　http://www.jaxa.jp/pr/mail/